

**Eine experimentelle Studie über
Vestibularisstörungen bei Hörknalltraumen**

Wolfgang Bauer

1978



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Hals-Nasen-Ohren-Abteilung
des Bundeswehr-Krankenhauses München
Leitender Arzt: Professor Dr. W. LESOINE

EINE EXPERIMENTELLE STUDIE
ÜBER VESTIBULARISSTÖRUNGEN BEI
HÖRKNALLTRAUMEN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Wolfgang Bauer
aus München

1977

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin der Universität München

Berichterstatter:	Professor Dr. W. LESOINE
Mitberichterstatter:	Professor Dr. H.H. NAUMANN
Dekan:	Professor Dr. W. SPANN

Tag der mündlichen Prüfung: 14.2.1978



INHALTSVERZEICHNIS

Seite

EINLEITUNG

Akustisches Trauma - Eine Umwelttoxine der Zivilisationsgesellschaft	3
--	---

A DER KNALL UND SEINE WIRKUNG AUF DAS HÖRVERMÖGEN	6
---	---

I. Physikalische Aspekte	6
--------------------------	---

II. Aufzeichnung des Knalls	8
-----------------------------	---

III. Wirkung des Knalls auf das Hörvermögen	9
---	---

IV. Prophylaxe	12
----------------	----

V. Progredienz akustischer Traumen	15
------------------------------------	----

B DAS KRANKHEITSBILD DES KNALLTRAUMAS	17
---------------------------------------	----

I. Pathologische Anatomie	17
---------------------------	----

II. Symptomatologie	18
---------------------	----

III. Befunde	20
--------------	----

IV. Therapie des Knalltraumas	22
-------------------------------	----

C NYSTAGMUS UND NYSTAGMOGRAPHIE	26
---------------------------------	----

I. Anatomische Grundlagen	26
---------------------------	----

II. Physiologische Grundlagen	27
-------------------------------	----

III. Die Elektronystagmographie	29
---------------------------------	----

D EXPERIMENTELL-KLINISCHER TEIL	32
---------------------------------	----

I. Fragestellung und Ziel der Untersuchung	32
--	----

II. Methode	33
-------------	----

III. Ergebnisse	39
-----------------	----

IV. Diskussion	47
----------------	----

E ZUSAMMENFASSUNG

49

LITERATURVERZEICHNIS

51

Lebenslauf

EINLEITUNG

AKUSTISCHES TRAUMA - EINE UMWELTNOXE DER ZIVILISATIONS- GESELLSCHAFT

a) Lärm

Unter akustischem Trauma versteht man Gesundheitsschädigungen, die durch Lärm, Knall und Explosionen hervorgerufen werden. Der technische Fortschritt der letzten Jahrzehnte hat zu einer beträchtlichen Zunahme dieser Traumen geführt. Sowohl im industriellen Bereich, wo z.B. viele Werkhallen hohe Lärmpegel aufweisen, als auch auf dem militärischen Sektor, wo ständige Zunahme der Feuerkraft mit einer ebenfalls steigenden Lärmentwicklung einhergeht, erhöht sich die Zahl lärmgeschädigter Personen. Die Gesundheitsschädigung bezieht sich keineswegs nur auf das Hörvermögen. Aufgrund klinischer und experimenteller Untersuchungen stellt GRANDJEAN (8) fest, daß Lärmexposition beim Menschen folgende Störungen hervorrufen kann:

1. Blutkreislaufveränderungen mit Blutdrucksteigerung und Steigerung der Pulsfrequenz
2. Hemmung der Tätigkeit der Verdauungsorgane
3. Stoffwechselsteigerung
4. vegetative Störungen wie Nervosität, Reizbarkeit, Schlaflosigkeit.

Die augenscheinlichste Gesundheitsstörung durch Lärm ist naturgemäß die Hörminderung. Wie stark die moderne Zivilisationsgesellschaft bereits lärmgeschädigt ist, beweist eindrucksvoll eine Arbeit von PLESTER (21). Dieser hat mit einem Arbeitsteam an einem Naturvolk, den im Sudan lebenden Mabaan, audiometrische Messungen vorgenommen. Der untersuchte Stamm kennt keinerlei Lärmerzeugung, nicht einmal Trommeln. Zum Vergleich wurden audiometrische

Untersuchungen bei Versuchspersonen aus einer deutschen und einer amerikanischen Großstadt hinzugezogen. Ergebnis dieser Arbeit war, daß Menschen aus dem Naturvolk selbst in hohem Alter besser hören als die Personen in der Zivilisationsgesellschaft in der Jugend. So hört zwischen dem 70. und 80. Lebensjahr 98 % der Mabaanbevölkerung die Frequenz 12.000 Hz gegenüber 15 % der Großstadtbevölkerung. PLESTER schließt aus den Ergebnissen, daß die Presbycusis nur zu einem geringen Teil wirklich altersbedingt ist, in erster Linie jedoch als Folge der zivilisationsbedingten chronischen Lärmexposition aufzufassen ist.

Als Beispiel werden, nach VAN DISHOECK (4), einige Lärmpegel aufgeführt, denen der heutige Mensch ausgesetzt ist:

<u>Lärmquelle</u>	<u>Lärmpegel</u>
normaler Straßenlärm	50 dB
elektrischer Zug	80 dB
normaler Fabriklärm	90 dB
pneumatischer Hammer	100 dB
Kesselschmiede	120 dB
Flugzeugmotor auf einige Meter	130 dB
mechanischer Brechmeißel	135 dB
Sirene, Strahlmotor	140 dB
Geschütz, großkalibrig	150 dB und darüber

Die von PLESTER getroffenen Feststellungen stammen aus dem Jahre 1954. Als Hinweis darauf, daß sich die Situation heute eher verschlechtert hat, können audiometrische Untersuchungen an Rekruten gelten (PFANDER, 20). Aus verschiedenen Reihenuntersuchungen geht hervor, daß rund die Hälfte der Rekruten eine leichte Schwerhörigkeit aufweist und bei 2 % sogar eine schwere Hörminderung vorhanden ist.

b) Knall

Das Knalltrauma ist ein Teilaspekt des akustischen Traumas. Im industriellen Bereich kann es durch Bolzenschußgeräte verursacht werden, mit denen z.B. Fensterrahmen in Beton befestigt werden, oder durch das Platzen von Druckschläuchen und Druckbehältern. Im privaten Bereich kommt es nicht selten nach Explosionen von Knallkörpern, wenn diese in Ohrnähe erfolgen, zu einem akuten Knalltrauma. Auch der Stoßwellenknall von Überschallflugzeugen kann ein solches Trauma bewirken (KLEINSASSER, 13).

Die mit Abstand größte Bedeutung kommt dem Knalltrauma jedoch im militärischen Bereich zu, so daß es sich bei diesem Krankheitsbild in erster Linie um ein wehrmedizinisches Problem handelt. Es gilt zu verhindern, daß junge Wehrpflichtige ihre Dienstzeit mit einem dauernden Hörschaden beenden und daß längerdienende oder Berufssoldaten bereits in relativ jungen Jahren, wie wir es leider häufig sehen, einen beträchtlichen Hörschaden aufweisen. Neben der Beeinträchtigung des hörgeschädigten Soldaten im täglichen Leben sei auch auf die finanzielle Belastung hingewiesen, die der Staat durch die steigende Zahl anerkannter Wehrdienstbeschädigungen (WDB) zu tragen hat.

A DER KNALL UND SEINE WIRKUNG AUF DAS HÖRVERMÖGEN

I. PHYSIKALISCHE ASPEKTE

Der Hörbereich des menschlichen Ohres umfaßt etwa die Frequenzen zwischen 16 und 20.000 Hz (Hz = Hertz, Anzahl der Schwingungen pro Sekunde). Dieser Frequenzbereich gilt für das Ohr des Kindes, mit zunehmendem Alter nimmt das Hörvermögen, besonders im Hochtonbereich, ab.

Die Wirkung von Infraschallwellen, deren Frequenz unter 16 Hz liegt, ist wenig erforscht. Im militärischen Bereich werden hierüber Versuche unternommen und geheime "Infraschallkanonen" entwickelt. Die Beschallung von Versuchstieren, z.B. Schafen, mit diesen Frequenzen führt nach kurzer Zeit zum Verenden der Tiere, vermutlich durch massive Irritation des vegetativen Nervensystems.

Der Ultraschallbereich, also der Frequenzbereich über 20.000 Hz, ist besonders für die Tierwelt bedeutsam. Bekannte Beispiele hierfür sind der Hund und die Fledermaus.

Der Wahrnehmungsbereich des menschlichen Ohres für Schalldrucke reicht von 2×10^{-10} bar (Hörschwelle) bis 2×10^{-4} bar (Schmerzschwelle). Der Schalldruckpegel wird in der Akustik in dB (Dezibel = $\frac{1}{10}$ Bel) angegeben, nach Graham Bell, 1847 bis 1922.

Das Bel ist die Definition für die logarithmische Darstellung von Leistungsverhältnissen: $\lg \frac{\text{Leistung } P}{\text{Bezugsleistung } P_0}$.

Der Leistungspegel beträgt also:

$$L_p = 10 \times \lg \frac{P}{P_0} \quad (\text{dB})$$

Der Schalldruck p steht im quadratischen Verhältnis zur Schallleistung P , so daß für den Schalleistungspegel die Beziehung gilt:

$$L = 20 \times \lg \frac{P}{P_0} \quad (\text{dB}) \quad (\text{I})$$

Der Bezugsschalldruck beträgt gemäß internationaler Vereinbarung:

$$p_0 = 2 \times 10^{-10} \text{ bar}$$

Die Schallpegelmesser haben entweder logarithmische Verstärker oder logarithmisch geteilte Skalen, so daß die Schalldruckpegel nach der Gleichung (I) angezeigt werden.

Durch den Einbau eines A-Filters in die Schallpegelmesser wird durch Unterdrückung der hohen und tiefen Frequenzen der Frequenzbereich 1.000 bis 6.000 Hz überhöht dargestellt, wodurch bei der Messung von Lärmeinwirkung die Gehörcharakteristik nachgebildet wird (dB(A)).

Eine weitere im Zusammenhang mit Lärmmessungen gebräuchliche Größe ist das Phon. Es ist eine dimensionslose Einheit der Lautstärke, also eine Empfindungs- und keine Meßgröße.

Inzwischen sind Phonmessungen laut deutschem Normen-Ausschuß in Anpassung an internationale Normen nicht mehr zulässig und sollen durch dB(A) Messungen ersetzt werden.

II. AUFZEICHNUNG DES KNALLS

Die Aufzeichnung des Knalls kann in einem Druck-Zeit-Diagramm erfolgen, oder aber, wenn zusätzlich die spektrale Zusammensetzung ermittelt wird, in einem Knall-Frequenz-Diagramm. Die folgende Abbildung zeigt den idealisierten Verlauf eines Knalls im Druck-Zeit-Diagramm:

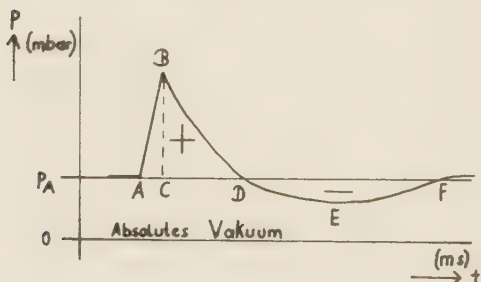
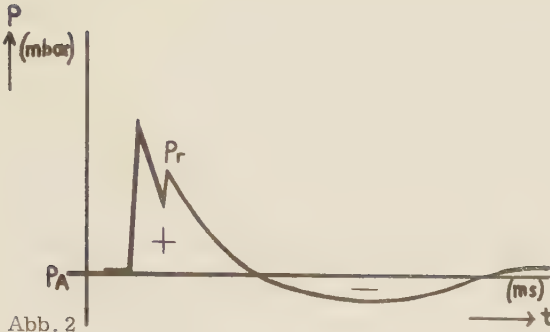


Abb. 1

Vom Ausgangsdruck p_A (Luftdruck am Meßort) erfolgt ein steiler Druckanstieg bis zum Spitzendruck B, anschließend ein wesentlich langsamerer exponentieller Druckabfall, bis bei D ein negativer Druck erreicht wird.

Die Zeit von A bis C beträgt bei schwachen Stoßwellen etwa $4 \mu\text{sec}$. Die Aufzeichnung derartig kurzer Druckanstiege bringt erhebliche meßtechnische Probleme mit sich. Durch die praktisch immer auftretenden Reflexionen, z. B. an Geschützteilen oder am Erdboden, wird das Druck-Zeit-Diagramm wie folgt verändert:



Zur Messung und Aufzeichnung eines Druck-Zeit-Verlaufs sind modernste Meßketten erforderlich. Die einfachste Meßkette besteht aus:

- a) einem Druckaufnehmer (Hochtonmikrofon)
- b) einem Verstärker
- c) einem Elektronenstrahloszillografen mit Schirmbildkamera.

Nach den umfangreichen von PFANDER (20) durchgeführten Messungen sind hier einige Schalldruckwerte, denen die Soldaten bei Schießübungen ausgesetzt sind, zusammengestellt.

Waffe	Schalldruck
Einzelfeuer aus Gewehr G3	161 dB
Mörserschuß	180 dB
Panzerfaustschuß	186 dB

III. WIRKUNG DES KNALLS AUF DAS HÖRVERMÖGEN

Folgende Faktoren sind für die Beurteilung akustischer Einwirkungen auf das Ohr maßgeblich:

1. der Schalldruck
2. der Druckanstieg
3. die Dauer der Einwirkung (Wirkzeit)
4. die Pausen zwischen den Knallereignissen

Diese Faktoren stehen in einem gegenseitigen Abhängigkeitsverhältnis: Je größer der Schalldruck und je steiler der Druckanstieg ist, umso eher tritt ein Hörschaden ein. Je kürzer die Wirkzeit ist und je länger die Pausen sind, umso geringer ist die Wahrscheinlichkeit einer Hörschädigung.

Grundsätzlich kann festgestellt werden, daß die Reaktion des Ohres auf Knallereignisse starken individuellen Schwankungen unterliegt. Für die Beurteilung der Empfindlichkeit eines Ohres auf einen Knall ist die audiometrische Hörkurve vor und in bestimmten Zeitabständen nach dem Knall entscheidend.

Nach einem akustischen Trauma kommt es bei vielen Menschen zu einer temporären Schwellenabwanderung im Audiogramm (TTS = Temporary Threshold Shift). Ausmaß und Dauer der TTS sind unterschiedlich. Sie ist reversibel, stellt also keine Zerstörung von Nervenzellen dar. Als Rückwanderungszeit (Recovery Time) wird der Zeitraum bezeichnet, den das Gehör benötigt, sich nach einem Knall wieder zum Ausgangswert zurückzubilden. Bildet sich eine audiometrische Schwellenabwanderung nicht zurück, liegt eine permanente Schwellenabwanderung (PTS = Permanent Threshold Shift), also ein bleibender Hörschaden vor.

Welches Ausmaß eine TTS haben darf, um als tolerabel angesehen zu werden, war bisher nur für Dauerschall, nicht aber für Knall bekannt. Nach den Arbeiten von KRYTER, WARD, MILLER und ELDRIDGE (15) werden bei Dauerschall folgende temporäre Schwellenabwanderungen bei 50 % der exponierten Personen für tragbar gehalten:

10 dB bei oder unter 1.000 Hz

15 dB bei 2.000 Hz

20 dB bei oder über 2.000 Hz

Zur Klärung der Frage, ob diese Ergebnisse auch auf Knallereignisse übertragen werden können, wurden von PFANDER umfangreiche Reihenaudiometrische Untersuchungen an Soldaten vor und nach Schießübungen durchgeführt.

Er kam zu dem Ergebnis, daß eine Geräuschbelastung, wie sie z.B. eine Panzerfahrt darstellt, kein sicherer Hinweis für eine Gefährdung durch Knall bedeutet, daß also die Soldaten mit länger dauernder Hörverschlechterung durch Geräusch nicht dieselben waren, die sich nach der Schießübung als gefährdet erwiesen.

Nach diesen Ergebnissen kann eine über 24 Stunden dauernde Rückwanderungszeit als Hinweis darauf gelten, daß bei weiteren Knalleinwirkungen mit einer permanenten Schwellenabwanderung (PTS) gerechnet werden muß.

Die umfangreichen, an ca. 10.000 Soldaten vorgenommenen Messungen von PFANDER und Mitarb. ergaben, daß bei 90 bis 95 % der an den üblichen Schießübungen teilnehmenden Soldaten bei geeignetem Gehörschutz keine Hörschädigung eintritt. Bei diesem Personenkreis ergeben die audiometrischen Untersuchungen vor und nach dem Schießen, daß entweder keine Schwellenabwanderung besteht oder aber die Rückwanderungszeit nur 1 bis 3 Std. beträgt. Bei ca. 5 % der Untersuchten dauert die Rückwanderungszeit der Schwellenabwanderung, diese beträgt im hauptsächlich betroffenen Hochtongebiet bis 40 dB, 24 Stunden und mehr. Bei diesen, zu einer permanenten Schwellenabwanderung neigenden Soldaten, handelt es sich also um einen Personenkreis, der herausgefunden und besonders ärztlich überwacht werden sollte.

PFANDER stellt die Forderung auf, daß diese gefährdeten Personen, also ca. 5 % der Soldaten, durch entsprechende audiometrische Untersuchungen festgestellt und vom Schießen befreit werden. Er ist sich aber bewußt, daß es sich dabei um eine Maximalforderung handelt, die in absehbarer Zeit nicht realisierbar ist.

Wiederholte Knalltraumen bei Soldaten, die bereits eine PTS aufweisen, führen zu einer laufenden Verstärkung dieser Schwellenabwanderung. Bei Erreichen einer PTS von 70 dB im Hochtonbereich als Knallfolge tritt in der Regel keine weitere Verschlechterung mehr ein. Aus dem hohen Prozentsatz länger dienender Soldaten, die, wenn sie als Aufsichtspersonal jahrelang an Schießübungen teilgenommen haben, fast immer eine deutliche Hörschädigung aufweisen, kann geschlossen werden, daß die Schädigungsquote proportional zur Häufigkeit der Knallereignisse ansteigt.

IV. PROPHYLAXE

Prophylaktische Maßnahmen zur Verhütung knalltraumatischer Hörschäden müssen an verschiedenen Punkten ansetzen:

1. Technische Maßnahmen an der Lärmquelle mit dem Ziel, die Knallwirkung zu reduzieren.
2. Tragen eines geeigneten Gehörschutzes.
3. Verstärkte Aufklärung von Soldaten und Truppenärzten.
4. Überwachung des besonders gefährdeten Personenkreises.
5. Spezielle Tauglichkeitsuntersuchung mit Knallsimulator (Anregung von PFANDER).

ad 1) Die Möglichkeiten zur Reduzierung der akustischen Einwirkungen sind beim Lärm besser als beim Knall. Die steigende Effektivität der Waffen führt zwangsläufig zu einer Steigerung der Spitzendrucke beim Abschuß. Die Möglichkeiten zur Senkung der

schädigenden Knalleinwirkung sind begrenzt, sie sollten jedoch, besonders bei Schießübungen zu Ausbildungszwecken, nicht ungenutzt bleiben. So können z.B. in die Gewehrläufe des Gewehrs G3 Kleinkaliberläufe eingebaut werden, mit denen auch bei schallempfindlichen Personen keine Hörschädigungen zu erwarten sind. Die Knallwirkung der Panzerfaust, durch die besonders häufig schwere Knalltraumen hervorgerufen werden, kann durch spezielle Einstecksysteme erheblich gemindert werden.

ad 2) Die beste Möglichkeit zur individuellen Prophylaxe bildet das Tragen eines geeigneten Gehörschutzes. Hierbei wird unterschieden zwischen Gehörschutzstöpseln, Gehörschutzkapseln und Lärmschutzhelmen. Die Gehörschutzstöpsel werden in den Gehörgang eingebracht. Die zur Verfügung stehenden Fabrikate "Selektone" und "Com Fit" werden in verschiedenen Größen geliefert und ermöglichen daher eine recht genaue individuelle Anpassung. Hierzu ist eine spezielle Schulung des Sanitätspersonals und der Truppenärzte erforderlich. Die Dämmwirkung dieser Gehörschutzstöpsel, die jedem Soldaten zur Verfügung stehen, liegt bei ca. 30 dB im Tiefton- und 40 dB im Hochtonbereich. Als Nachteile sind das gelegentliche Auftreten eines Gehörgangekzems oder einer Otitis externa zu nennen. Außerdem wird bei längerem Tragen der Druck auf den Gehörgang als unangenehm empfunden.

Die Gehörschutzkapseln "Willson" erreichen höhere Schalldämmwerte als die Gehörstöpsel. Da die beiden Kapseln durch einen Bügel verbunden sind, ist das gleichzeitige Tragen eines Stahlhelms jedoch nicht möglich. Die Schalldämmwerte liegen zwischen 20 dB im tiefen und 50 dB im hohen Frequenzbereich.

Für Flugzeug-Bodenpersonal sind Schallschutzhelme im Gebrauch, die neben den Ohren noch den Schädel bedecken und dadurch die Schallübertragung durch Knochenleitung erheblich reduzieren.

ad 3) Nach den Erfahrungen, die wir in der Ambulanz der HNO-Abteilung des Bundeswehr-Krankenhauses München täglich sammeln, muß der verstärkten Aufklärung von Soldaten und auch Truppenärzten über die Notwendigkeit, Gehörschutz zu tragen, besondere Bedeutung beigemessen werden. Praktisch alle Soldaten verfügen über Gehörschutzstöpsel, häufig werden diese jedoch bei Schießübungen nicht eingesetzt. Die Patienten müssen darüber aufgeklärt werden, daß Ohrgeräusche und Hörminderung nach dem Schießen nicht, wie wir es häufig hören, "normal" sind, sondern eine Schädigung des Ohres bedeuten, die eine sofortige ärztliche Behandlung erfordert. Durch Unkenntnis und nicht selten auch Leichtsinn wird der erfolversprechende frühzeitige Behandlungsbeginn von den Soldaten häufig verzögert; aber auch Truppenärzte zeigen sich manchmal ungenügend über das Krankheitsbild informiert und überweisen die Patienten verspätet in die fachärztliche Behandlung.

ad 4) Die regelmäßige audiometrische Untersuchung eines gefährdeten Personenkreises findet bisher im Rahmen der Lärmschädenüberwachung der Marine und der Luftwaffe in 12-monatigen Abständen statt. Diese Kontrollen ermöglichen es, bei Eintreten einer Hörverschlechterung geeignete Maßnahmen, wie z.B. eine Verbesserung des Gehörschutzes oder eine Entfernung des Betroffenen aus dem Lärmbereich, zu veranlassen. Außerdem sollte vor Einsatz eines Soldaten im Lärmbereich dessen berufliche Situation verstärkt berücksichtigt werden. Als Beispiel sei der Fall eines jungen Zeitsoldaten genannt, der durch seinen Einsatz im besonders lärmgefährdeten Bereich sein bisher absolut musikalisches Gehör verlor und deutliche Hochtensenken davontrug. Die Erfüllung seines Wunsches, nach Beendigung der Dienstzeit Berufsmusiker zu werden, war somit in Frage gestellt.

ad 5) Die Möglichkeit einer speziellen Tauglichkeitsuntersuchung für die Teilnahme am Schießen wird von PFANDER angeregt (siehe auch S. 12). Um Personen zu ermitteln, deren Gehör gegenüber Knalleinwirkung resistent ist, müßten mit einem Knallsimulator zunächst Knalle produziert werden, die keine Schwellenabwanderung bewirken. Durch Steigerung der Knalle in Spitzendruck und Wirkzeit müßten die Soldaten herausgefunden und ausgesondert werden, deren TTS über

10 dB bei 1.000 Hz

15 dB bei 2.000 Hz

20 dB bei 3.000 Hz

liegt, bzw. die eine Rückwanderungszeit von mehr als 10 Minuten zeigen. Die übrigen Soldaten laufen bei Tragen eines ausreichenden Gehörschutzes kaum Gefahr, eine knalltraumatische Hörschädigung zu erleiden.

V. PROGREDIENZ AKUSTISCHER TRAUMEN

Aus dem früher Gesagten geht hervor, daß eine knalltraumatisch bedingte Hörschädigung in der Regel nur bis zu einem bestimmten Schweregrad, der etwa bei 70 dB liegt, fortschreitet. Es wird in der Literatur jedoch über eine Reihe von Fällen berichtet, bei denen es ohne weitere Lärmeinwirkung zu einer Progredienz gekommen ist. Als Ursachen werden eine zusätzliche Presbycusis oder schädigende Einflüsse wie Otitis, Herz- und Kreislauferkrankungen und Infektionskrankheiten diskutiert (HAHLBROCK, WEYAND, 9). Mehrere dieser progredienten Verläufe, bei denen es innerhalb von Monaten nach einem Knalltrauma zu einer erheblichen Gehörverschlechterung kam, werden z.B. von SCHNURBUSCH (23) und PFANDER (20) mitgeteilt. Über einen besonders eindrucksvollen Fall berichtet KUP (16): Bei einem jungen Mann war es nach einem akusti-

schen Trauma, es handelte sich dabei um die Explosion eines Glaskolbens in einem Labor, zu einer Trommelfellperforation mit einer Haarzellschädigung des Innenohres gekommen. Die Perforation heilte nach einigen Wochen ab, die Innenohrschädigung nahm aber kontinuierlich zu, bis es nach 15 Monaten zu einer völligen Ertaubung des betroffenen Ohres gekommen war. Trotz umfangreicher klinischer Untersuchung konnte hierfür keine Ursache festgestellt werden.

Die Möglichkeit der Progredienz eines akustischen Traumas wirft gutachterliche Probleme auf. Bei der Begutachtung einer knalltraumatischen Hörschädigung besteht die Schwierigkeit, zwischen der altersmäßigen Schwerhörigkeit und der knalltraumatisch bedingten Komponente zu unterscheiden. Ob die Presbycusis bei vorgeschädigten Ohren stärker auftritt, ist zwar statistisch bisher nicht gesichert, aber wahrscheinlich. PFANDER (20) hält es daher für aus ärztlicher Sicht angemessen, eine Trennung zwischen Lärmschaden und Presbycusis nicht vorzunehmen, sondern im Fall einer anerkannten Wehrdienst-Beschädigung (WDB) den gesamten Hörverlust voll anzuerkennen. Er bedauert, daß die juristischen Voraussetzungen hierfür nicht gegeben sind und die Höhe der Erwerbsminderung (MdE) bisher nur nach der Höhe des durch die akustische Einwirkung entstandenen Schadens bewertet wird.

B DAS KRANKHEITSBILD DES KNALLTRAUMAS

I. PATHOLOGISCHE ANATOMIE

Bei der Untersuchung von morphologischen Veränderungen knalltraumatisch geschädigter Innenohren ist man praktisch auf Tierversuche angewiesen, da Patienten mit einem akuten Knalltrauma so gut wie nie zur Obduktion gelangen. Die Obduktion von Menschen, die durch ein Explosionstrauma ad exitum gekommen sind, erfolgt in der Regel erst Stunden post mortem, so daß die dort gefundenen Veränderungen nur schwer von autolytischen Vorgängen abzugrenzen sind.

RUEDI (22) berichtet über die histologische Untersuchung eines Innenohres eines durch eine Handgranatenexplosion ums Leben gekommenen Soldaten. Er fand Trommelfellperforationen, Frakturen der Gehörknöchelchen und Zerreißungen der Basilarmembranen. Dieser Extrembefund kann sicherlich nicht auf die üblichen, wesentlich schwächeren knalltraumatischen Innenohrschäden übertragen werden.

Umfangreiche tierexperimentelle Untersuchungen mit Beschallung von Meerschweinchen und Chinchillas wurden zur Klärung dieser Fragen durchgeführt. Genannt seien die Arbeiten von RUEDI und FURRER (22) (1947), BECK und MICHLER (2) (1960), WÜSTENFELD (27) (1957), SPOENDLIN (24) (1971) und WARD (25) (1971).

Die Ergebnisse dieser Arbeiten kann man zu folgender Annahme zusammenfassen: Es ist zu unterscheiden zwischen dem histologischen Bild einer knalltraumatisch geschädigten Schnecke und der Schädigung durch chronische Lärmeinwirkung. Eine knalltraumatische Innenohrschädigung führt zu mechanischen Insulten des Cortischen Organs, während eine chronische Lärmeinwirkung biochemische

Veränderungen zur Folge hat. Die mechanischen Insulte bestehen aus Haarzellenverlust und Abknickung von Stützzellen (HAMERNIK, 10).

II. SYMPTOMATOLOGIE

Bei dem typischen Knalltrauma kann der Zeitpunkt der Hörschädigung vom Patienten genau angegeben werden, da diese unmittelbar nach dem Schallereignis eintritt.

Das im Vordergrund stehende Symptom ist der Tinnitus, der vom Patienten als Summen, Pfeifen oder Surren bezeichnet wird. Er tritt in der Regel nur im geschädigten Ohr auf. Die gleichzeitig auftretende Hörminderung wird zunächst häufig nicht bemerkt oder als nicht gravierend empfunden. Dies ist dadurch zu erklären, daß die Hörschädigung bei einem erstmalig auftretenden Knalltrauma meistens aus einer Hochtonsenke oberhalb 2.000 Hz besteht, also außerhalb des Sprachbereichs liegt. Gelegentlich wird der Knall als stechender Schmerz empfunden.

Einige Patienten unseres Krankengutes mit schwerem Knalltrauma klagten außerdem über direkt nach dem Schallereignis aufgetretenen kurz andauernden Schwindel.

Das nachfolgende Audiogramm stellt ein typisches Beispiel einer einseitigen, knalltraumatisch bedingten Innenohrhochtonschädigung dar.

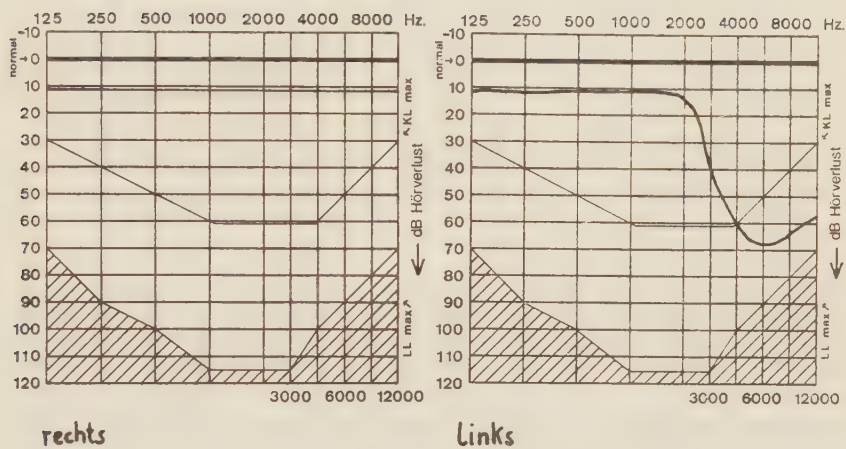


Abb. 3

III. BEFUNDE

Der otoskopische Befund ist fast immer regelrecht. Nur gelegentlich treten Gefäßinfektionen am Trommelfell, besonders am Hammergriff auf. Perforationen sind selten. Im Audiogramm finden sich Hochtonsenken, die meistens oberhalb 2.000 Hz liegen. In schweren Fällen kann der Hörverlust jedoch auch die tieferen Frequenzen betreffen.

Die folgende Abbildung zeigt das Audiogramm eines 20-jährigen Soldaten, der mit einem Knalltrauma nach Panzerfaustschießen zur Aufnahme kam.

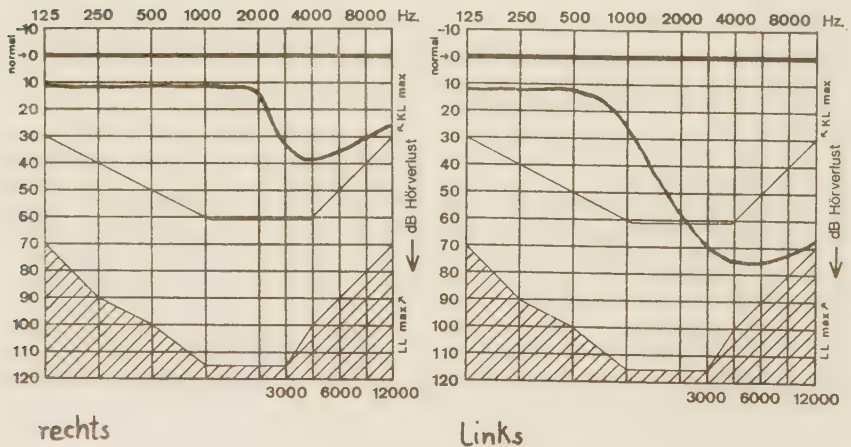


Abb. 4

Kennzeichnend für das Knalltrauma ist die entweder einseitige oder die verschieden starke Schädigung beider Ohren, weil die einwirkenden Spitzendrucke die Ohren unterschiedlich stark treffen.

Nachfolgend das Audiogramm eines 23-jährigen Panzerfahrers, in dessen Panzer beim Starten Benzindämpfe explodiert waren. Dieser Patient klagte außerdem über Kopfschmerzen und Schwindelgefühl.

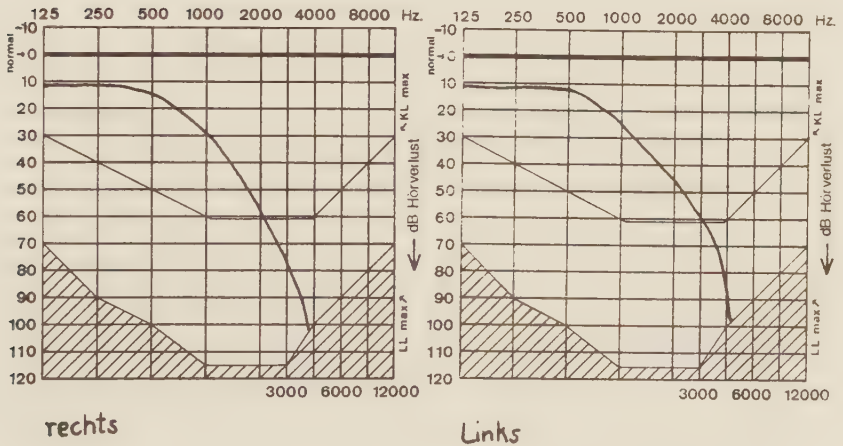


Abb. 5

Die wesentlichen klinischen Unterscheidungsmerkmale zwischen Knall- und Explosionstrauma werden hier nach KUP (16) zusammengestellt:

Knalltrauma:

Einseitiges Auftreten, Perforation sehr selten, häufige Rückbildung, C-5-Senke.

Explosionstrauma:

Doppelseitig, Perforation häufig, kaum Rückbildung, Steilabfall in den hohen Frequenzen.

IV. THERAPIE DES KNALLTRAUMAS

Die medikamentöse Therapie des akuten Knalltraumas stützt sich heute, mit geringen Abweichungen zwischen den einzelnen Untersuchern, im wesentlichen auf die Gabe von β -Pyridilcarbinol (Ronicol^R), Vitamin B und A (Rovigon^R), Nikotinsäurederivaten (Complamin^R) und Naftidrofuryl (Dusodril^R). PFANDER (20) empfiehlt eine Infusionstherapie mit Ronicol^R in ansteigender Dosierung als Basistherapie. EY (6) schätzt den Wert einer medikamentösen Therapie des Knalltraumas nicht sehr hoch ein. Er schreibt: "Man wird nicht allzu große Erwartungen in den therapeutischen Erfolg setzen dürfen, falls es nicht zu einer weitgehenden spontanen Rückbildung gekommen ist."

Bei den Patienten der HNO-Abteilung des Bundeswehr-Krankenhauses München, die mit einem frischen Knalltrauma zur stationären Aufnahme gelangen, wird eine Therapie durchgeführt, die der Polypragmasie des Krankheitsbildes gerecht wird.

"Polypragmatische Infusionstherapie", LESOINE (18):

- 1) Tägliche Infusionen mit 500 ccm Kochsalzlösung mit Zusatz von Xanthinol-Nicotinat (Complamin^R) in ansteigender Dosierung von 3 g am ersten Tag bis 9 g am 5. bis 10. Tag. Anschließend Infusion von kolloidalem Volumenersatzmittel (Rheomacrodex^R).

Ziel der Infusionstherapie sind Vasodilatation und Verbesserung der Mikrozirkulation des Innenohres. Diese Infusionstherapie wird im Durchschnitt 10 Tage durchgeführt, im Einzelfall bei guter Erholungstendenz der Hörschädigung auch länger. Bei der nicht ganz selten zu beobachtenden Unverträglichkeit von Complamin^R wird Dusodril^R verwendet, eine Ampulle pro 500 ml Kochsalz. Die Gesamtdauer der Infusion beträgt etwa 4 Stunden, also ca. 1 Tropfen pro Sekunde.

- 2) Tägliche Durchführung einer Stellatumblockade bei einseitigen Knalltraumen, ebenfalls mit dem Ziel, durch Vasodilatation der Innenohrgefäße eine Hörverbesserung zu erreichen.
- 3) Zweimal täglich eine Tablette Valium^R, um durch Sedierung den oft stark belästigenden Tinnitus günstig zu beeinflussen.
- 4) Gabe von Vitamin A und E: Zweimal täglich eine Kapsel Rovigon^R.
- 5) Zweimal wöchentlich eine Kapsel Lasix^R zur Ausschwemmung eines eventuell vorhandenen Labyrinthhydrops.
- 6) Am ersten Tag eine Ampulle Solu-Decortin H^R 100 mg, in den nächsten drei Tagen je 50 mg in der Vorstellung, im Innenohr sowohl eine antiphlogistische als auch antiödematöse Wirkung zu erzielen.

MARTIN und JAKOBS (19) legten eine Studie über die Monotherapie des Knalltraumas mit Dextran-40 bzw. Xantinol-Nicotinat an zwei vergleichbaren Kollektiven vor. Sie stellten einen signifikant besseren Therapieerfolg durch Dextran-40-Infusionen fest.

Neuerdings wird über die hyperbare Sauerstofftherapie bei Innenohr- und Vestibularisstörungen berichtet. Erste Erfahrungen hierüber wurden von LAMM und KLIMPEL (17) mitgeteilt. Unter der Annahme, daß akute Innenohr- und Vestibularisstörungen, wie der akute Hörsturz und die akute Labyrinthitis, zumindest teilweise hypoxisch bedingt sind, haben sie bei 34 Patienten in der hyperbaren Kammer die O_2 -Überdrucktherapie durchgeführt. Es wurden dabei bis zu 14 Kammerfahrten unternommen, wobei die Patienten täglich eine Stunde lang dem Druck von 1,5 kp Sauerstoff ausgesetzt wurden. Die Autoren berichten, daß bei allen Patienten mit akutem Hörsturz, die innerhalb von 60 Tagen zur Behandlung kamen, eine subjektive und objektive Hörverbesserung erreicht wurde. Bei Patienten mit akuten Vestibularisstörungen wurde eine erhebliche Verkürzung der Kompensationszeit erzielt.

WILMES und LESOINE (26) knüpften an diese Untersuchungen an und übertrugen die hyperbare Oxygenation auf die Therapie des akuten Knalltraumas. Sie erreichten bei Patienten, deren knalltraumatische Hörschädigung nicht länger als 14 Tage zurücklag, sehr gute Remissionen. Ältere Knalltraumen konnten dagegen kaum noch beeinflußt werden.

Entscheidend für den Therapieerfolg ist weniger das Ausmaß der Hörschädigung sondern der möglichst frühzeitige Therapiebeginn. Dies gilt sowohl für die Behandlung des Knalltraumas als auch des akuten Hörsturzes (LESOINE (18)).

PFANDER (20) hält den Einsatz der hyperbaren Oxygenation zur Therapie des Knalltraumas für nicht unbedingt gerechtfertigt. Er

will sie nur für solche Fälle angewendet sehen, bei denen die übliche Therapie versagt. Gegen diese Ansicht spricht die Erfahrung von WILMES und LESOINE (26), daß eine Hörverbesserung nur bei frühzeitigem Therapiebeginn erreicht werden kann. Einer weiten Verbreitung der hyperbaren Sauerstofftherapie steht allerdings ihr hoher apparativer und damit finanzieller Aufwand im Wege.

C NYSTAGMUS UND NYSTAGMOGRAPHIE

I. ANATOMISCHE GRUNDLAGEN

Die Vestibularisbahnen bestehen aus zwei Neuronen. Das erste Neuron nimmt folgenden Verlauf: Von den Sinneszellen der Maculae utriculi et sacculi und der Bogengangsampullen zum Ganglion vestibulare als dessen periphere Ausläufer. Die zentralen Fortsätze dieses Ganglions verlaufen als Nervus vestibularis zu den drei Vestibulariskernen, die nach SCHWALBE, BECHTEREW und DEITERS benannt sind.

Von hier aus nehmen die Fasern des zweiten Neurons ihren Verlauf:

- a) Zum fasciculus longitudinalis medialis und vom DEITER'schen Kern zu den Augenmuskelkernen. Diese Verbindung stellt das anatomische Substrat des Nystagmus dar.
- b) Zur Formatio reticularis und den vegetativen Zentren.
- c) Zum Kleinhirn und zur Kleinhirnrinde.
- d) Über den Nucleus dentatus des Kleinhirns und den lateralen Thalamuskern zur Körperfühlsphäre.
- e) Als Tractus vestibulospinalis zum Vorderhorn des Rückenmarks und den motorischen Nerven. Über diese Bahn sowie über Anteile des hinteren Längsbündels werden Bewegungen oder Tonusänderungen in der Muskulatur ausgelöst, die das Gleichgewicht sichern.

II. PHYSIOLOGISCHE GRUNDLAGEN

1. Spontannystagmus

Nach KORNHUBER (14) werden drei Gruppen des Spontannystagmus unterschieden:

- a) (Zentral- und peripher-)vestibulärer Spontannystagmus.
- b) Blickrichtungsnystagmus.
- c) Oculärer Nystagmus und Fixationsnystagmus.

ad a) Hierbei handelt es sich um den Spontannystagmus im engeren Sinne. In den Vestibulariszentren besteht ein Ruhetonus, der durch die ständig von den peripheren Vestibularisorganen ausgehenden Aktionsströme aufrechterhalten wird. Falls es nun zu einer Tonusdifferenz kommt, indem durch eine Ablenkung der Cupula, durch eine traumatische oder entzündliche Schädigung des Innenohres eine Zu- oder Abnahme der Impulsfrequenzen im Nerven stattfindet, tritt je nach Größe dieser Tonusdifferenz eine Nystagmusneigung, ein latenter oder manifester Spontannystagmus auf.

Der vestibuläre Spontannystagmus ist ein rhythmischer Rucknystagmus, seine Schläge setzen sich aus einer schnellen und einer langsamen Phase zusammen. Die langsame Phase wird als labyrinthäre Komponente, die schnelle Phase als zentrale Ausgleichbewegung aufgefaßt. Er zeigt sich im allgemeinen am stärksten bei geschlossenen Augen und wird durch visuelle Fixation gehemmt.

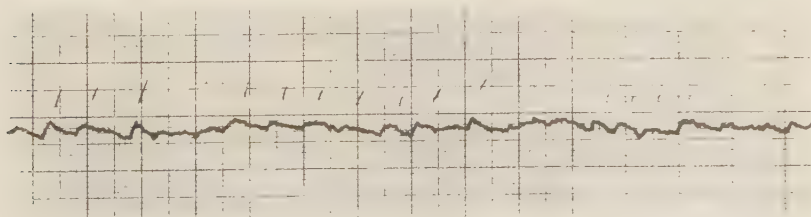


Abb. 6

Die vorstehende Abbildung zeigt den Spontannystagmus nach rechts eines Soldaten zwei Tage nach rechtsseitigem Knalltrauma.

ad b) Der Blickrichtungsnystagmus muß unterschieden werden vom Endstellnystagmus, welcher muskulär bedingt ist und keine pathologische Bedeutung hat. Die Unterscheidung wird dadurch ermöglicht, daß der als pathologisch anzusehende Blickrichtungsnystagmus bereits bei einer seitlichen Blickrichtung von bis zu 40° auftritt, während der physiologische Endstellnystagmus erst bei einer Blickwendung von mehr als 40° vorkommt.

ad c) Der oculäre Nystagmus oder Nystagmus amblyopicus tritt bei angeborener oder früherworbener Veränderung der Cornea, der Linse, des Glaskörpers oder der Netzhaut auf. Er läßt sich dadurch erklären, daß das Auge nicht fixieren kann. Der Fixationsnystagmus ist fast immer angeboren. Während der vestibuläre Nystagmus am deutlichsten im Dunkeln und bei geschlossenen Augen auftritt, zeigt der Fixationsnystagmus seine maximale Amplitude bei Fixation, bei Lidschluß wird sie deutlich geringer. Häufig ist ein angeborener Fixationsnystagmus dem Patienten nicht bekannt, da meist die Beeinträchtigung des Sehvermögens gering ist.

2. Experimentelle Vestibularisprüfungen

Folgende experimentelle Vestibularisprüfungen wurden bei Patienten mit Knalltrauma durchgeführt:

- a) Die kalorische Prüfung
- b) Die rotatorische Prüfung

ad a) Bei senkrecht stehendem horizontalem Bogengang kommt es durch Abkühlung oder Erwärmung des äußeren Bogengangschenkels zu einer Dichteströmung der Endolymph und somit zu einer

Cupulaablenkung. Erwärmung führt zu einer ampullopetalen Endolymphbewegung und somit zu einem Nystagmus zur gleichen Seite, während Abkühlung eine ampullofugale Endolymphbewegung und damit einen Nystagmus zur anderen Seite zur Folge hat.

Mit der kalorischen Prüfung wird jedes Vestibularorgan einzeln auf seine Erregbarkeit untersucht.

ad b) Anders verhält es sich mit der rotatorischen Prüfung. Hier wird festgestellt, ob sich beide Vestibularorgane in einem Funktionsgleichgewicht befinden oder ob Zeichen einer Regulationsstörung vorhanden sind. Häufig können mit dieser Untersuchung subjektive Schwindelerscheinungen objektiviert werden.

Linksdrehung führt im rechten horizontalen Bogengang zu einer ampullofugalen Endolymphströmung, im linken horizontalen Bogengang zu einer gleichzeitigen ampullopetalen Strömung, so daß beim Andrehen ein perrotatorischer Linksnystagmus auftritt. Beim Anhalten aus der Linksdrehung treten die Endolymphströmungen jeweils entgegengesetzt auf, so daß ein post-rotatorischer Rechtsnystagmus resultiert. Bei Rechtsdrehung treten die Endolymphströme und damit die Nystagmusphasen entsprechend entgegengesetzt auf.

In dieser Arbeit wurde die sogenannte Langdrehmethode angewendet. Hierbei wird durch langsames, unterschwelliges Beschleunigen (unter $1^{\circ}/\text{sec}^2$) das Auftreten eines perrotatorischen Nystagmus vermieden.

III. Die Elektronystagmographie

Es handelt sich um eine Untersuchungsmethode, die aus der heutigen Otoneurologie nicht mehr wegzudenken ist. Sicherlich wird der geübte Untersucher allein mit der von FRENZEL entwickelten Leuchtbrille einen Nystagmus in bezug auf Schlagrichtung, Frequenz

und Dauer sicher beurteilen können (JONKEES, 12); dennoch bietet die elektronystagmographische Registrierung einige unbestreitbare Vorteile:

1. Es kann eine bessere Unterscheidung zwischen einem Nystagmus und anderen Augenbewegungen getroffen werden.
2. Ein objektiver Vergleich mit früheren oder späteren Befunden ist möglich.
3. Durch die Registrierung können auch andere Parameter des Nystagmus als die Dauer und die Frequenz quantitativ erfaßt werden.
4. In vielen Fällen werden Spontan- und Lagenystagmus nicht entdeckt, da sie bei geöffnetem Auge, auch wenn eine Frenzel-Brille benutzt wird, mit bloßem Auge kaum wahrnehmbar sind: Mit der Elektronystagmographie können sie dagegen auch bei geschlossenem Auge registriert werden.

Die Methode wurde erstmals von SCHOTT 1922 und von MEYERS 1929 angegeben. Die registrierten Potentiale wurden damals noch als Muskelpotentiale gedeutet. Es handelt sich jedoch um die Registrierung von Potentialdifferenzen zwischen Cornea und Retina. Das Auge stellt einen Dipol dar, dessen Achse mit der optischen Achse identisch ist. Den positiven Pol bildet die Cornea, den negativen die Retina. Sobald eine Bulbusbewegung stattfindet, ändert sich die Entfernung der Cornea zur ableitenden Elektrode am lateralen Augenwinkel, wodurch eine Potentialdifferenz entsteht. Üblich ist die bitemporale Ableitung, bei der sich, da die Augen koordiniert bewegt werden, die Potentiale beider Dipole summieren.

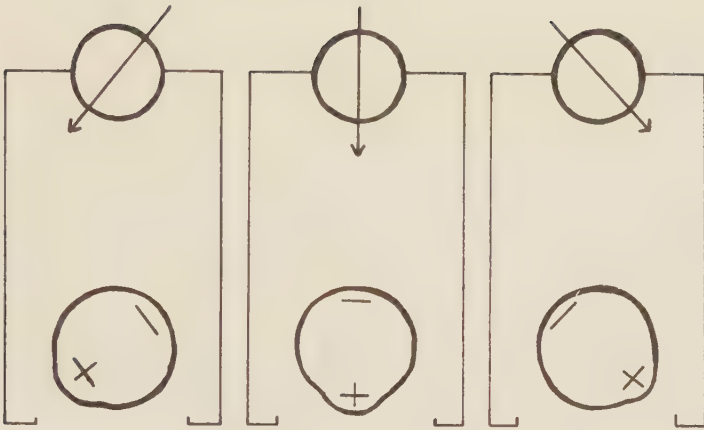


Abb. 7 Das Auge als Dipol. Die bei den Bulbusbewegungen entstehenden Potentialdifferenzen werden registriert.

D EXPERIMENTELL-KLINISCHER TEIL

I. FRAGESTELLUNG UND ZIEL DER UNTERSUCHUNG

Nach den Erfahrungen, die wir in der HNO-Abteilung des Bundeswehr-Krankenhauses München sammeln, ist die Prognose des akuten Knalltraumas unsicher. Liegt die Hörschädigung erst kurze Zeit zurück, kommt es zwar in den meisten Fällen zu einer vollständigen Remission, es werden jedoch immer wieder Knalltraumen beobachtet, die trotz frühzeitiger und intensiver Therapie keinen Behandlungserfolg zeigen und somit eine bleibende Hörschädigung, meistens verbunden mit störendem Tinnitus, darstellen.

In dieser Situation kam es zu der Überlegung, ob für die Beurteilung der Prognose eines akuten Knalltraumas die klinische Untersuchung des Vestibularorgans mit herangezogen werden kann. Die enge topographische und funktionelle Beziehung zwischen Schnecke und Bogengangssystem legte diese Überlegungen nahe. Folgende Fragen wurden in diesem Zusammenhang gestellt:

1. Kommt es beim akuten Knalltrauma mit Schädigung des Innenohres zu einer, wenn auch subklinischen, Läsion des Vestibularorgans?
2. Wenn ja, besteht eine Korrelation zwischen dem Ausmaß der Vestibularisstörung und der Innenohrschädigung?
3. Bedeutet das Vorhandensein einer Vestibularisstörung eine Verschlechterung der Prognose in bezug auf die zu erreichende Hörverbesserung?

Zur Beantwortung dieser Fragen wurde an 40 Patienten, die mit der Diagnose "akutes Knalltrauma" zur stationären Aufnahme gelangten,

die übliche audiometrische Untersuchung durch die Elektronystag-mographie ergänzt.

II. METHODE

Folgender Untersuchungsgang wurde bei den Patienten, die mit einem frischen Knalltrauma zur stationären Aufnahme kamen, eingehalten:

a) Anamnese:

Zeitpunkt des Knalltraumas, verwendeter Gehörschutz, Art der Waffe, Art der Beschwerden, zum Beispiel Tinnitus, Hörminderung, Schwindel.

b) Befund:

Besonders Trommelfellveränderungen, zum Beispiel Gefäßinjektion, Perforation.

c) Audiogramm:

Durchführung mit SISI-Test zum Ausschluß einer retrocochle-ären Schwerhörigkeit.

d) ENG:

Durchführung mit
Prüfung auf Spontannystagmus,
kalorischer Prüfung,
rotatorischer Prüfung.

ad a) Die Erhebung einer genauen Anamnese ist von besonderer Bedeutung im Hinblick auf später eventuell geltend zu machende Ansprüche des Soldaten, also auf die Anerkennung des erlittenen Hörschadens als Wehrdienstbeschädigung (WDB). Wenn der Verdacht auf ein bereits vorgeschädigtes Gehör besteht, müssen früher angefertigte Audiogramme zum Vergleich herangezogen werden.

ad d) Zunächst wurde am liegenden Patienten, dessen Kopf um 30° nach vorne geneigt ist, die Prüfung auf Spontannystagmus bei offenem und geschlossenem Auge vorgenommen.

Anschließend erfolgte die kalorische Prüfung. Hierbei wurden 20 ml Wasser in 30 sec. appliziert. Die Temperatur betrug bei Kaltreizung 27° , bei Warmreizung 47° . Folgende Reihenfolge wurde im Untersuchungsgang eingehalten:

1. Warmspülung rechts
2. Warmspülung links
3. Kaltspülung links
4. Kaltspülung rechts

Diese Reihenfolge ist durch die zentrale Beeinflussung auf wiederholte Reize vorgegeben. Gleichsinnige Reize auf das vestibuläre System führen über die zentral bedingte Habituation zu einer verminderten Reaktion. Die kalorische Prüfung muß so durchgeführt werden, daß ein Nystagmus alternierender Richtung entsteht, um die einseitige Richtung der Habituation zu vermeiden.

Die Registrierung begann am Ende der Spülung. Es wurde bis zum letzten postkalorischen Nystagmusschlag registriert. Dann wurde die Gesamtdauer (Sekunden) und die Gesamtfrequenz (Anzahl der Schläge) ausgezählt.

Für den Seitenvergleich der Labyrinth wurde die Kalt- und Warmspülung rechts mit der Kalt- und Warmspülung links verglichen.

Für den Seitenvergleich der Nystagmusrichtung wurden die Warmspülung rechts und die Kaltspülung links der Warmspülung links und der Kaltspülung rechts gegenübergestellt.

Im Folgenden gelten die Abkürzungen:

WR	=	Warmspülung rechts
KR	=	Kaltspülung rechts
WL	=	Warmspülung links
KL	=	Kaltspülung links

Berechnung der Rechts-Links-Labyrinthdifferenz:

$$(WR + KR) - (WL + KL)$$

Die Nystagmusdifferenz ergab sich aus:

$$(WR + KL) - (WL + KR)$$

Der Differenzwert in Prozent wurde wie folgt berechnet:

I Rechts-Links-Labyrinthdifferenz

$$\frac{(KR + WR) - (KL + WL) \cdot 100}{KR + KL + WR + WL} = X \%$$

II Nystagmusdifferenz

$$\frac{(KL + WR) - (KR + WL) \cdot 100}{KR + KL + WR + WL} = X \%$$

Differenzwerte bis zu 20 % müssen nach ELPEN (5) als obere Grenze des physiologischen Bereichs angesehen werden.

Anschließend wurde auf der Drehstuhl­anlage die rotatorische Prüfung durchgeführt. Es wurde unterschwellig beschleunigt mit $0,8^{\circ}/\text{sec}^2$ bis zu einer Endgeschwindigkeit von $V = 90^{\circ}$ pro Sekunde. Mit der Endgeschwindigkeit wurde 40 Sekunden gedreht und dann ruckartig abgebremst. Anschließend wurden Dauer und Frequenz des postkalorischen Nystagmus ausgezählt. Die Berechnung der Seitendifferenzen des postkalorischen Nystagmus erfolgte analog der Formel II:

$$\frac{\text{Rechts} - \text{Links} \cdot 100}{\text{Rechts} - \text{Links}} = X \%$$

Diese elektronystagmographische Untersuchung wurde sowohl am Tag der stationären Aufnahme als auch am Entlassungstag durchgeführt. Bei unauffälligem Aufnahme-ENG wurde auf die Durchführung einer zweiten Untersuchung verzichtet.

Die Auswertung erfolgte nach folgendem Schema:

Abteilung V
Hals-, Nasen-, Ohrenkrankheiten
Audiometrie und
Elektronystagmographie

8000 München, den 20.10.76
Cincinnatistraße 64

1. AUSWERTUNG DES ELEKTRONYSTAGMOGRAMMS (ENG)

Name: Lipus PK: 12.7.56
Vorname: Helmut Einheit:

Spontannystagmus → rechts

Bei offenen Augen: Nystagmusausschläge nach rechts: —
Nystagmusausschläge nach links: —
Bei geschlossenen Augen: Nystagmusausschläge nach rechts: —
Nystagmusausschläge nach links: —

Kalorische Prüfung

(geprüft wurde mit 20 ml Wasser, appliziert in 10 sec, Wassertemperatur bei Kaltreizung 27 °C, bei Warmreizung 47 °C)

Kaltspülung re. Ohr: Gesamtdauer: 123 sec
Gesamtfrequenz: 120 Schläge
Gesamtamplitude: — Winkelgrad

Kaltspülung li. Ohr: Gesamtdauer: 124 sec
Gesamtfrequenz: 127 Schläge
Gesamtamplitude: — Winkelgrad

Warmspülung re. Ohr: Gesamtdauer: 140 sec
Gesamtfrequenz: 259 Schläge
Gesamtamplitude: — Winkelgrad

Warmspülung li. Ohr: Gesamtdauer: 113 sec
Gesamtfrequenz: 124 Schläge
Gesamtamplitude: — Winkelgrad

Die periphere Seitendifferenz beträgt:

bezüglich der Gesamtdauer des Nystagmus	5,2 %
bezüglich der Gesamtfrequenz	20,3 %
bezüglich der Gesamtamplitude	— %

Der zentrale Richtungsnystagmus beträgt:

bezüglich der Gesamtdauer des Nystagmus	3,9 %
bezüglich der Gesamtfrequenz	22,0 %
bezüglich der Gesamtamplitude	— %

Rotatorische Prüfung

(beschleunigt wurde unterschwellig mit $0,8^{\circ}/\text{sec}^2$ bis zu einer Endgeschwindigkeit von $V = 90^{\circ}/\text{sec}$. Mit der Endgeschwindigkeit wurde 40 sec gedreht und dann abgegrast)

Rechtsdrehung:

Perrotatorischer Nystagmus:

Postrotatorischer Linksnystagmus:

Gesamtdauer:	23 sec
Gesamtfrequenz:	30 Schläge
Gesamtamplitude:	— Winkelgrad

Linksdrehung:

Perrotatorischer Nystagmus:

Postrotatorischer Rechtsnystagmus:

Gesamtdauer:	30 sec
Gesamtfrequenz:	29 Schläge
Gesamtamplitude:	— Winkelgrad

Die Seitendifferenzen betragen:

bezüglich der Gesamtdauer des postrotatorischen Nystagmus	13,2 %
bezüglich der Gesamtfrequenz	1,6 %
bezüglich der Gesamtamplitude	— %

III. ERGEBNISSE

a) Patienten

Bei den untersuchten 40 Patienten handelte es sich in den meisten Fällen um junge Wehrpflichtige. Das Durchschnittsalter betrug 20 Jahre. Eine Vorschädigung des Gehörs war ihnen nicht bekannt. Im Durchschnitt kamen die Soldaten erst fünf Tage nach dem Knalltrauma zur Behandlung, in nur fünf Fällen erfolgte der Therapiebeginn innerhalb eines Tages. 25 Patienten trugen beim Schießen ihren Gehörschutz, 15 Soldaten nahmen am Schießen ohne oder mit gelockertem Gehörschutz teil.

b) Symptome

Alle untersuchten Patienten gaben als auffälligstes Symptom einen Tinnitus an, der bei binauraler Schädigung beidseits, bei einseitiger Schädigung im betroffenen Ohr auftrat. Eine Hörminderung wurde ebenfalls von fast allen Patienten angegeben. Nur drei Patienten, bei denen die Hörschädigung einseitig und im Hochtonbereich auftrat, kamen ohne subjektive Hörminderung zur Behandlung. Von zwei Patienten wurde außerdem ein direkt nach dem Knalltrauma aufgetretener, einige Sekunden dauernder Drehschwindel angegeben.

Symptome	Tinnitus	Hörminderung	Schwindel
Zahl der Patienten	40	37	2

c) Befunde

Die otoskopischen Befunde waren bei den meisten Patienten regelrecht. Neun Soldaten mit frischem Knalltrauma wiesen am betroffenen Ohr eine Gefäßinjektion des Trommelfells auf, bei zwei Patienten war es zu einer knalltraumatischen Perforation gekommen. Die-

se beiden Patienten wiesen eine leichte Schalleitungsschwerhörigkeit auf, ohne daß eine Haarzellschädigung vorhanden war. Unter der Frenzelbrille, also mit geöffnetem Auge, konnte bei keinem Patienten ein Spontannystagmus festgestellt werden.

Otoskopischer Befund:	regelrecht	Gefäßinjektion	Perforation
Zahl der Patienten	29	9	2

d) Therapieerfolg

Bei allen untersuchten Patienten wurde die bereits beschriebene polypragmatische Infusionstherapie (LESOINE, 18) durchgeführt. Fast alle Hörschädigungen konnten durch die Therapie positiv beeinflußt werden. Bei 22 Patienten kam es zu einer Normalisierung des Gehörs, bei 16 Patienten zu einem Anstieg der Hörkurve, lediglich zwei knalltraumatische Hörschädigungen erwiesen sich als therapieresistent. Diejenigen Patienten, deren Hörminderung sich während der stationären Behandlung nicht normalisiert, aber gebessert hatte, wurden nach der Entlassung 4 - 6 Wochen weiterbehandelt, unter Vermeidung jeder dienstlichen Lärmexposition. Die orale Medikation erfolgte mit Complamin ret.^R 3 x 1 und Rovigon^R 2 x 1. Hierdurch wurde bei vier weiteren Patienten eine annähernde Normalisierung des Gehörs erreicht. Als Beispiel nachfolgend das Audiogramm eines 20-jährigen Rekruten bei der stationären Aufnahme, nach 10-tägiger Infusionstherapie und nach 6-wöchiger oraler Behandlung:

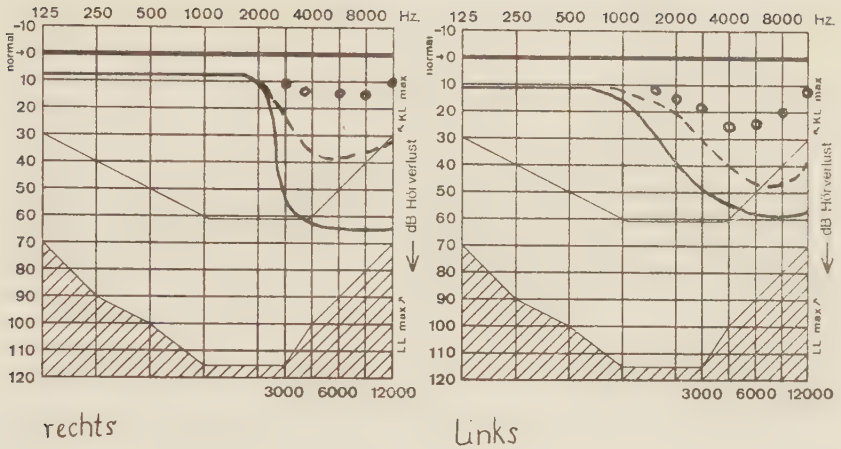


Abb. 8

Es läßt sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem Zeitpunkt des Therapiebeginns und dem zu erzielenden Erfolg feststellen. Von den 22 Patienten, deren Gehör sich normalisiert hatte, kamen 17 innerhalb der ersten fünf Tage zur Behandlung; dieser Zeitraum wurde von den Patienten, bei denen es zu einem Anstieg der Hörkurve ohne Normalisierung kam, nur in fünf Fällen eingehalten. Bei den beiden therapieresistenten Fällen lag das Knalltrauma zwei Wochen zurück. Der Therapieerfolg läßt sich also wie folgt zusammenfassen:

Audiogramm nach Therapie:	Normal	Besserung	Unveränd.
Zahl der Patienten:	22	16	2
Therapiebeginn:	> 5 Tage: 17 < 5 Tage: 5	> 5 Tage: 5 < 5 Tage: 11	< 14 Tage

e) Spontannystagmus (SN) (s. Abb. 6)

Bei der elektronystagmographischen Untersuchung war in 15 Fällen ein Spontannystagmus bei geschlossenen Augen nachweisbar. In acht Fällen trat der Spontannystagmus in Richtung des geschädigten Ohres auf, in sieben Fällen in Richtung des gesunden Ohres. Alle Patienten mit SN wiesen eine einseitige Hörstörung auf. Der SN war nur elektronystagmographisch, nicht jedoch unter der Frenzelbrille nachweisbar. Ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten eines SN und dem Zeitpunkt des Knalltraumas läßt sich nicht feststellen: SN ist sowohl bei Patienten mit frischem als auch bei Soldaten mit acht Tage altem Knalltrauma nachweisbar.

f) Kalorische Prüfung

Bei 38 Patienten wurde die kalorische Prüfung der Vestibularorgane durchgeführt, bei zwei Patienten mußte wegen der bestehenden traumatischen Trommelfellperforation darauf verzichtet werden. 12 Soldaten wiesen eine pathologisch erhöhte periphere Seitendifferenz (20 %) als Zeichen einer peripheren Schädigung auf. Bei nur einem dieser Patienten war gleichzeitig ein Spontannystagmus nachweisbar. Der zentrale Richtungsnystagmus lag bei allen untersuchten Patienten im Normbereich. Es folgt als Beispiel der elektronystagmographische und audiometrische Befund eines 20-jährigen Soldaten zwei Tage nach dem Schießen mit der Panzerfaust:

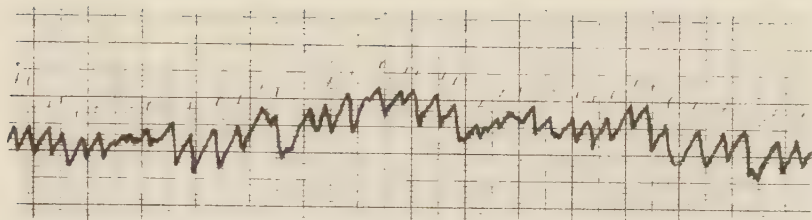


Abb. 9 Warmspülung links

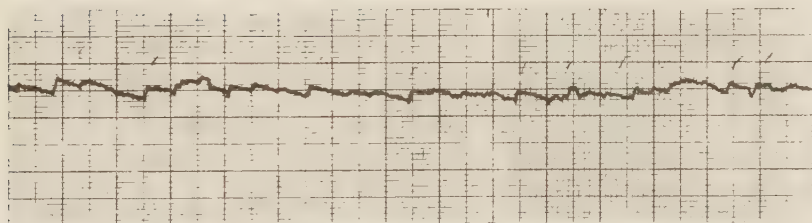


Abb. 10 Warmspülung rechts

Es findet sich eine deutliche Untererregbarkeit des rechten Labyrinths. Das dazugehörige Audiogramm:

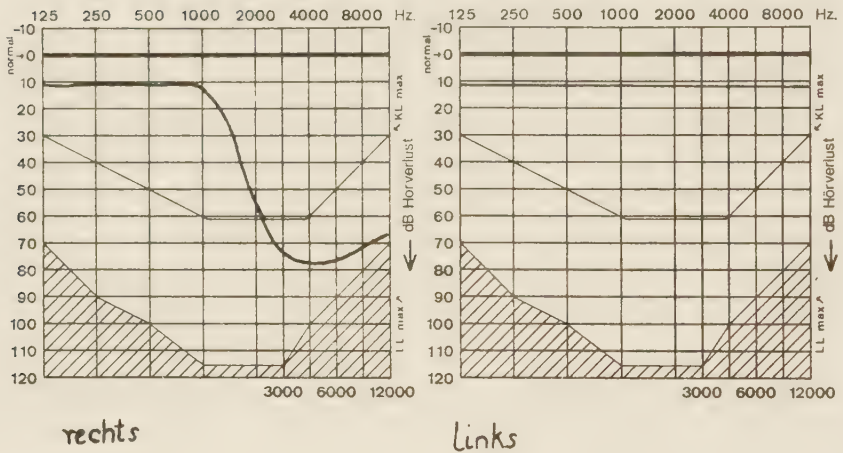


Abb. 11

Sowohl der audiometrische als auch der elektronystagmographische Befund waren reversibel.

Die rotatorische Prüfung ergab bei keinem der untersuchten Patienten wesentliche pathologische Befunde. Die Ergebnisse der elektronystagmographischen Untersuchung lassen sich also wie folgt zusammenfassen:

Auftreten eines Spontanystagmus	15 Patienten
Auftreten einer pathologisch erhöhten peripheren Seitendifferenz	12 Patienten

Von den 38 Patienten, bei denen vor Beginn der Therapie ein ENG angefertigt wurde, wiesen also 27 Patienten als pathologisch anzusehende Veränderungen auf.

g) ENG-Kontrolle vor Entlassung

Die Patienten mit pathologischen Elektronystagmogrammen wurden vor der Entlassung aus der stationären Behandlung einer Kontrolluntersuchung unterzogen. Der in 15 Fällen zunächst vorhandene Spontannystagmus war in 13 Fällen voll reversibel, lediglich bei zwei Patienten war er noch, jedoch abgeschwächt, nachweisbar.

Bei den 12 Patienten mit erhöhter peripherer Seitendifferenz trat bei der Kontrolluntersuchung in 11 Fällen eine Normalisierung ein. In einem Fall war jedoch eine Zunahme der peripheren Seitendifferenz nachweisbar. Es handelt sich um den Patienten, dessen Aufnahme-Audiogramm die Abbildung 5 darstellt. Das Aufnahme-ENG zeigte einen Spontannystagmus nach rechts sowie eine deutliche Untererregbarkeit des rechten Labyrinths. Bei der Entlassung war der Spontannystagmus noch abgeschwächt vorhanden, die Untererregbarkeit des rechten Labyrinths war verstärkt nachweisbar. Dieser Patient hatte noch einige Tage nach dem erlittenen Explosionstrauma über Kopfschmerzen und leichten Schwindel geklagt. Die erzielte Hörverbesserung war nur geringfügig. Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die nach einem Knalltrauma auftretenden elektronystagmographisch nachweisbaren vestibulären Störungen in aller Regel reversibel sind.

h) Korrelation zwischen Audiogramm und ENG

Eine Wechselbeziehung zwischen der Schwere des Hörschadens und dem Ausmaß der ENG-Veränderungen läßt sich aus den vorliegenden Untersuchungen nicht feststellen. Patienten mit erheblicher

knalltraumatischer Hörstörung können einen normalen ENG-Befund aufweisen, während andererseits bereits eine geringe Hochtonsenke mit einem Spontannystagmus einhergehen kann.

Überlegungen, nach denen eine vestibuläre Beteiligung eine Verschlechterung der Prognose des Knalltraumas bedeutet, können nicht bestätigt werden, zwischen Knalltraumen mit und ohne Vestibularisstörung lassen sich also in bezug auf die Erholungstendenz des Gehörs keine eindeutigen Unterschiede feststellen.

IV. DISKUSSION

Eine systematische Untersuchung an einem größeren Kollektiv über die Therapie des akuten Knalltraumas unter besonderer Berücksichtigung einer Vestibularisbeteiligung sowie über deren Bedeutung für die Prognose liegt nicht vor. Die hier erzielten Ergebnisse können deshalb mit denen anderer Untersucher nicht verglichen werden.

Als eine der Hauptursachen für die unsichere Prognose des akuten Knalltraumas ist die Tatsache anzusehen, daß die Therapie im Durchschnitt erst fünf Tage nach stattgefundener Hörschädigung begann. Die Bedeutung eines frühzeitigen Behandlungsbeginns wird durch die vorliegenden Therapieergebnisse unterstrichen, die im wesentlichen mit den von MARTIN und JAKOBS (19) erzielten Ergebnissen übereinstimmen. Diese haben bei einer therapeutischen Latenz von 1 - 3 Tagen eine Normalisierung des Gehörs in 75 % der Fälle erreicht. Diese Erfolgsquote verschlechterte sich auf 28,6 %, bei einer therapeutischen Latenz von 4 - 8 Tagen und sank auf 7,4 % bei einem mehr als 8 Tage zurückliegenden Knalltrauma. Zur Verbesserung der Prognose bedarf es deshalb der verstärkten Aufklärung von Truppenärzten und den an Schießübungen teilnehmenden Soldaten.

Bei zwei der untersuchten Patienten war es nach dem Schießen mit der Panzerfaust, die eine besonders hohe Druckwelle von 186 dB verursacht, zu einer traumatischen Trommelfellperforation gekommen. Diese heilten nach einigen Wochen spontan ab. Bei einem dieser Soldaten lag keine, bei dem anderen nur eine leichte Haarzellschädigung vor. Eine schlüssige Erklärung hierfür liegt nicht vor. Die bei einer knalltraumatischen Trommelfellperforation auftretenden verwickelten Druckverhältnisse sind noch nicht hinreichend geklärt. Es ist aus der Literatur jedoch bekannt, daß bei gleichzeitiger Trommelfellruptur das Innenohr meist weniger geschädigt ist. So kann es nach einer Bombenexplosion unter etwa gleich starker

Druckeinwirkung auf beide Ohren, bei jedoch verschiedener Zerreißfestigkeit beider Trommelfelle, zu einer einseitigen Perforation kommen. In diesen Fällen kommt es zumeist zu einer Innenohrschwerhörigkeit auf der trommelfellintakten Seite, auf der perforierten Seite dagegen zu einer Schalleitungsschwerhörigkeit ohne wesentliche Innenohrkomponente (SCHINURBUSCH, 23). Perforationen scheinen also einen gewissen Schutz für das Innenohr darzustellen, vermutlich durch eine Amplitudenverminderung der am ovalen Fenster eintreffenden Druckwelle.

Mehr als zwei Drittel der elektronystagmographisch untersuchten Patienten wiesen pathologische Veränderungen im Sinne eines Spontannystagmus oder einer erhöhten peripheren Seitendifferenz auf. Die Vestibularisbeteiligung war bei allen Patienten subklinisch, es bestanden also keine subjektiven Schwindelerscheinungen. Das morphologische Substrat bleibt unklar; es könnte sich um eine Hypoxie im Bereich der Arteria labyrinthii oder auch um eine durch die Schalldruckwelle hervorgerufene mechanische Irritation des Labyrinths handeln. Hervorzuheben ist, daß die Labyrinthschädigung in praktisch allen Fällen reversibel ist, und daß kein eindeutiger Zusammenhang mit dem Ausmaß der Audiogrammveränderungen festzustellen ist.

E ZUSAMMENFASSUNG

Zunächst wird auf das Problem der Lärmbelästigung der heutigen Gesellschaft und den damit verbundenen gesundheitlichen Gefahren hingewiesen.

Bei der anschließenden allgemeinen Darstellung der Knallwirkung auf das menschliche Gehör werden physikalische und meßtechnische Aspekte gestreift. Es wird betont, daß ca. 5 % der an Schießübungen teilnehmenden Soldaten ein Gehör aufweisen, das als labil gegenüber Knalleinwirkung anzusehen ist. Diesen Personenkreis herauszufinden, ist zwar technisch möglich, aus organisatorischen, zeitlichen und personellen Gründen in absehbarer Zeit aber nicht durchführbar. Deshalb ist besonderer Wert auf die Prophylaxe zu legen, deren Möglichkeiten und Bedeutung ausführlich dargestellt wird.

Das Krankheitsbild des Knalltraumas wird aufgezeigt unter besonderer Betonung der Therapiemöglichkeiten.

Nach Erläuterung anatomischer und physiologischer Grundlagen wird die Elektronystagmographie als moderne otoneurologische Untersuchungsmethode mit ihren Vorteilen gegenüber der alleinigen Untersuchung mit der Frenzel-Brille dargestellt.

Der experimentell-klinische Teil befaßt sich zunächst mit Fragestellung und Methode, wobei die Frage nach der prognostischen Bedeutung einer eventuell vorhandenen Beteiligung des Vestibularorgans hervorzuheben ist.

Die Ergebnisse bezüglich der erzielten Hörverbesserung zeigen bei den untersuchten und behandelten Patienten zufriedenstellende Therapieerfolge auf.

Die durch die elektronystagmographische Untersuchung knalltraumatisch geschädigter Patienten erzielten Ergebnisse lassen sich in Beantwortung der auf Seite 32 gestellten Fragen wie folgt zusammenfassen:

1. Das Hörknalltrauma ist oft mit im ENG nachweisbaren Bogengangsschäden verbunden.
2. Eine Korrelation zwischen der Schädigung des Bogengangsystems und der Schnecke ist nicht feststellbar.
3. Eine knalltraumatische Hörschädigung mit Vestibularisbeteiligung ist prognostisch bei sofortigem Therapiebeginn nicht ungünstiger zu beurteilen als ein Knalltrauma ohne Bogengangsschädigung.

Beim Hörknalltrauma ist eine Vestibularisbeteiligung somit anders einzuschätzen als beim akuten Hörsturz, bei dem eine Bogengangsschädigung bekanntlich eine Verschlechterung der Prognose bedeutet.

LITERATURVERZEICHNIS

- 1) ASCHAN, G., Nystagmographie. Acta oto - laryng.
BERGSTEDT, M., (Stockh.) Suppl. 129 (1956)
STAHL, J.:
- 2) BECK, CHL., Feinstrukturelle und histochemische Ver-
MICHLER, H. : änderungen an den Strukturen der Cochlea
beim Meerschweinchen nach dosierter
Reintonbeschallung.
Arch. Ohr. -Nas. und Kehlk. -Heilk. 174,
496 (1960)
- 3) BECK, CHL. : Reaktionen der Kerne der äußeren Haar-
zellen beim Meerschweinchen auf adäquate
Reize.
Arch. Ohr. -Nas. und Kehlk. -Heilk. 170,
81 (1956)
- 4) VAN DISHOECK, Akustisches Trauma.
H. A. E. : In: Berendes, Link, Zöllner: Handbuch der
Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Band III,
S. 1764. Stuttgart: Thieme 1966
- 5) ELPEN, B.S. : Electronystagmography.
In: J. Katz: Handbook of Clinical Audio-
logie. The Williams & Wilkins C.,
Baltimore 1972
- 6) EY, W. : Das akute akustische Trauma.
Z. Arbeitsmed., Sozialmed., Arbeitshyg.
7, 251-256 (1967)

- 7) FURRER, W. : Die Akustik des Knalls.
Schweiz. Arch. angewandte Wissenschaft
und Technik 12 (1946)
- 8) GRANDJEAN, E. : Physiologische und psychophysiologische
Wirkungen des Lärms.
Documenta Geigy, Mensch und Umwelt 4,
13 (1960)
- 9) HAHLBROCK, K.H., Progredienz traumatischer Innenohr-
WEYAND, F. : störungen.
Arch. Ohr. -Nas. - und Kehlk. -Heilk. 178,
166 (1961)
- 10) HAMERNIK, R. P., Interaction of continuous and impulse noise:
HENDERSON, G., audiometric and histological effects.
CROSSLEY, J., J. acoust. Soc. Amer. 55 No1 (1974)
SALVI, R. J. :
- 11) HÜLSE, M., Audiometrische Untersuchungen zur Frage:
PARTSCH, C.H., Kann man mit knalltraumatischen Dauer-
SCHWEITZER, W. : schäden während des Wehrdienstes rechnen?
Wehrmedizin 5, 217 (1966)
- 12) JONGKEES, L.B.W. : Physiologie und Pathophysiologie des
Vestibularorgans.
Arch. Ohr. -Nas. - und Kehlk. -Heilk. 194,
1-110 (1969)
- 13) KLEINSASSER, O. : Akustisches Trauma durch den Stoßwellen-
knall von Überschallflugzeugen.
H.N.O. (Berl.) 13, 171 (1965)

- 14) KORNHUBER, H. : Physiologie und Klinik des zentralvestibulären Systems.
In: Berendes, Link und Zöllner: Handbuch der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Band III, S. 2150-2351. Stuttgart: Thieme (1966)
- 15) KRYTER, K.D., Hazardous exposure to intermittent and
WARD, W.D., steady-state noise.
MILLER, J.D., J. acoust. Soc. Amer. 39, 451 (1966)
ELDREDGE, D.H. :
- 16) KUP, W. : Akustisches Trauma und progredienter Hörverfall.
H.N.O. (Berl.) 8, 265 (1959/60)
- 17) LAMM, H., Hyperbare Sauerstofftherapie bei Innenohr-
KIMPEL, L. : und Vestibularisstörungen.
H.N.O. (Berl. 19, 363 (1971)
- 18) LESOINE, W. : Der akute Hörsturz.
Ther. der Gegenw. 3, 360-368 (1974)
- 19) MARTIN, G., Klinischer Vergleich der Monosubstanzen
JAKOBS, P. : Dextran 40 und Xantinol-nicotinat in der
Therapie des Knalltraumas.
Laryng. Rhinol. 56, 860-863 (1977)
- 20) PFANDER, F., Das Knalltrauma.
BONGARTZ, H., Berlin, Heidelberg, New York,
BRINKMANN, H. : Springer: (1975)

- 21) PLESTER, D. : Audiometrische Untersuchungen bei
 einem Naturvolk.
 Arch. Ohr. -Nas. - und Kehlk. -Heilk. 180,
 765 (1962)
- 22) RUEDI, L. , Das akustische Trauma.
 FURRER, W. : Basel: Karger 1947
- 23) SCHNURBUSCH, Fr. : Klinik und Begutachtung des akuten Schall-
 traumas.
 H.N.O. (Berl.) 6, 6 (1956/1958)
- 24) SPOENDLIN, H. : Primary structural changes in the organ
 of Corti after acoustic overstimulation.
 Acta oto-laryng. (Stockh.) 71, 166-176
 (1971)
- 25) WARD, W.D. , Behavioral and ultrastructural correlates
 DUVALL, A.J. : of acoustic trauma.
 Ann. Otol. (St. Louis) 80, 881 (1971)
- 26) WILMES, E. , Die hyperbare Oxygenation als Therapie
 LESOINE, W. : der Innenohrschwerhörigkeiten.
 Wehrmed. Mschr. 11, 332-335 (1975)
- 27) WÜSTENFELD, E. : Experimentelle Untersuchungen zum
 Problem der Schallanalyse im Innenohr.
 Z. mikr. -anat. Forsch. 63, 3, 327 (1957)
- 28) WÜSTENFELD, E. , Das medulläre Acusticusgebiet und seine
 GLEISS, H. : Reaktion auf Reintonbeschallung (Meer-
 schweinchen). Ergänzungsheft zum 125.
 Band (1969) des anatomischen Anzeigers.
 Jena: Fischer 1969

LEBENS LAUF

Am 9. 12. 1948 wurde ich als Sohn des Dipl. -Ing. Architekten Julius Bauer und seiner Ehefrau Helga, geb. Voßwinkel, in Biedenkopf geboren. Im Jahre 1955 wurde ich in Wanne-Eickel eingeschult. Vier Jahre später wechselte ich auf das Jungengymnasium der Stadt über. 1967 legte ich die Reifeprüfung ab und begann im gleichen Jahr mit dem Studium der Zahnmedizin in Erlangen. Nach fünf Semestern bestand ich die zahnärztliche Vorprüfung. Im Sommersemester 1970 wechselte ich zur Medizin und legte 1971 die ärztliche Vorprüfung in Köln ab. Die ärztliche Prüfung bestand ich im November 1974 in Köln. Die Approbation als Arzt erhielt ich 1975 nach Ableistung der Medizinalassistentenzeit.

Im Januar 1976 verpflichtete ich mich bei der Bundeswehr, wo ich seitdem eine zunächst zweijährige, dann dreijährige Dienstzeit in der HNO-Abteilung des Bundeswehrkrankenhauses München ableiste.

